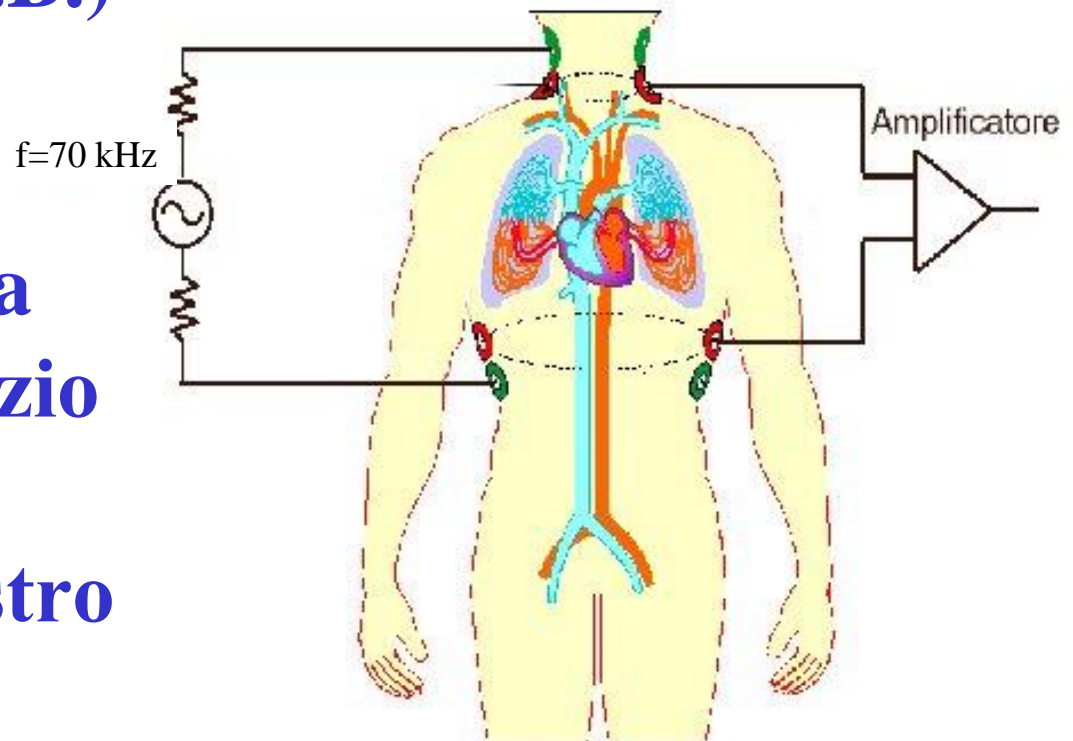


**L'uso della cardiometria
ad impedenza (T.E.B.)
nella fisiologia e
fisiopatologia
cardiocircolatoria
applicata all'esercizio
fisico:
l'esperienza del nostro
gruppo**



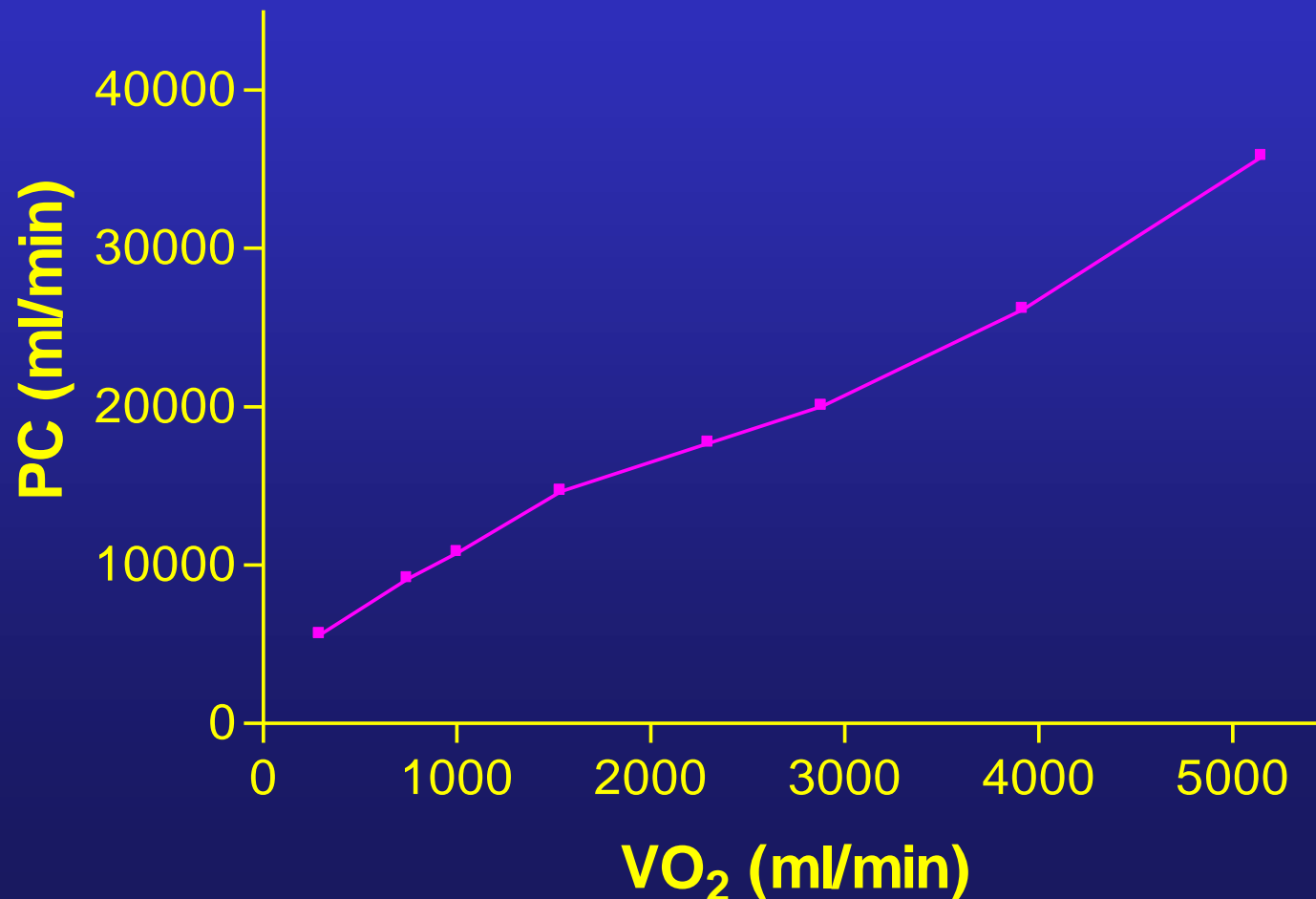
Sardegna Ricerche (Pula) 22 Giugno 2007

Antonio Crisafulli

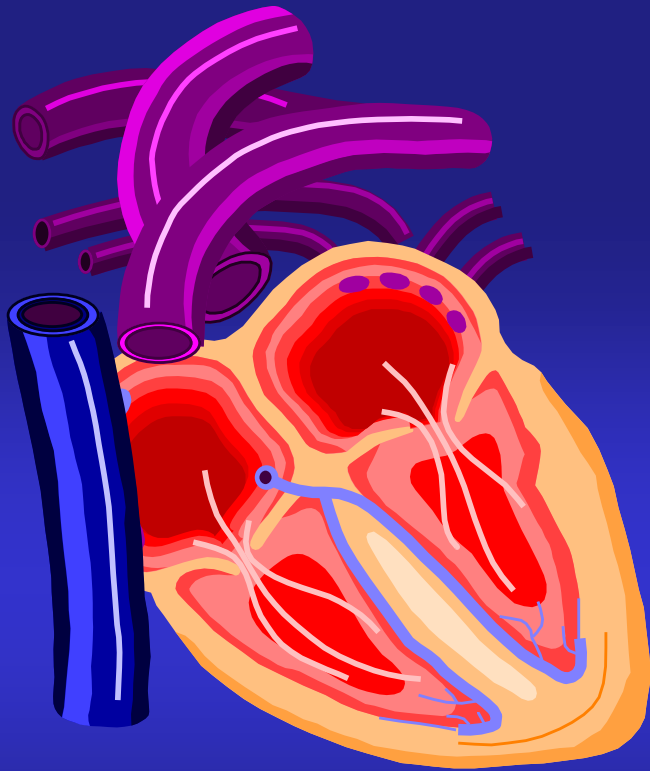
I applicazione

Fisiologia dell'esercizio: gli
aggiustamenti cardiocircolatori
durante e dopo sforzo

Durante esercizio fisico vi è un aumento del fabbisogno di ossigeno nei muscoli che è soddisfatto dal parallelo incremento della Portata Cardiaca



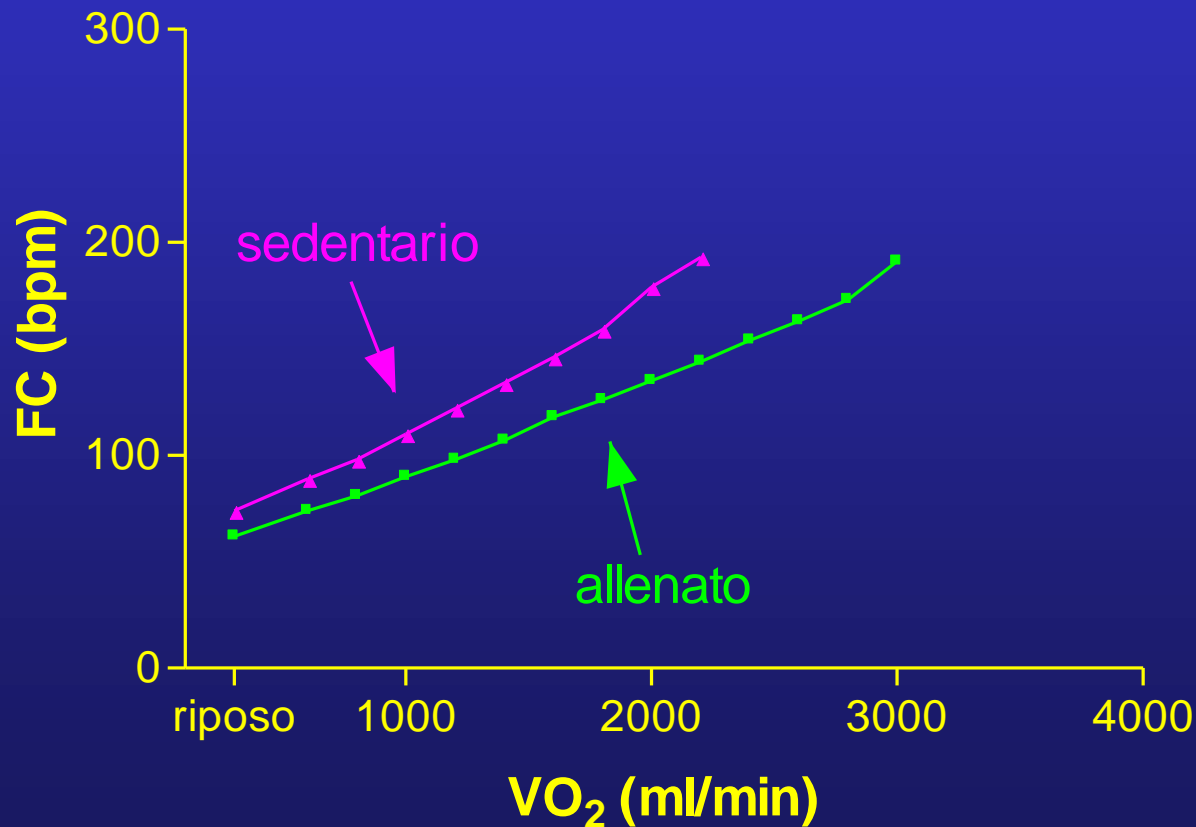
$$\underline{PC = GS \times FC}$$



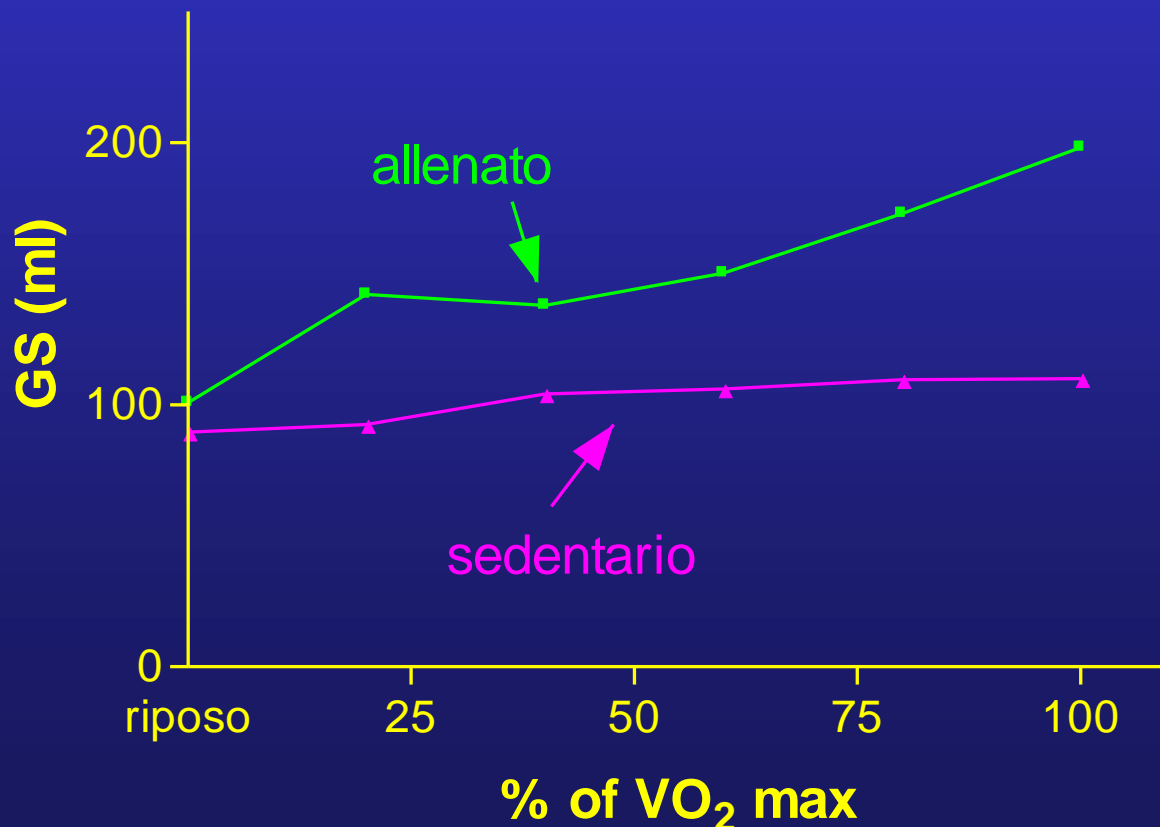
L'incremento della portata cardiaca può avvenire per un aumento:

- della frequenza cardiaca (FC)
- della gittata sistolica (GS)

La misura della frequenza cardiaca è relativamente semplice



La misura della gettata sistolica è più complessa, ma fornisce utili indicazioni sullo stato di allenamento del soggetto



Principali metodiche non invasive utilizzate per la determinazione della Gettata Sistolica

- Rebreathing: C_2H_2 , CO_2
- Doppler-ecocardiografia
- Scintigrafia radionuclidica
- Cardiometria ad impedenza

Vantaggi nell'uso della cardiometria ad impedenza durante esercizio

- Non invasiva
- Economica
- Permette l'analisi battito per battito

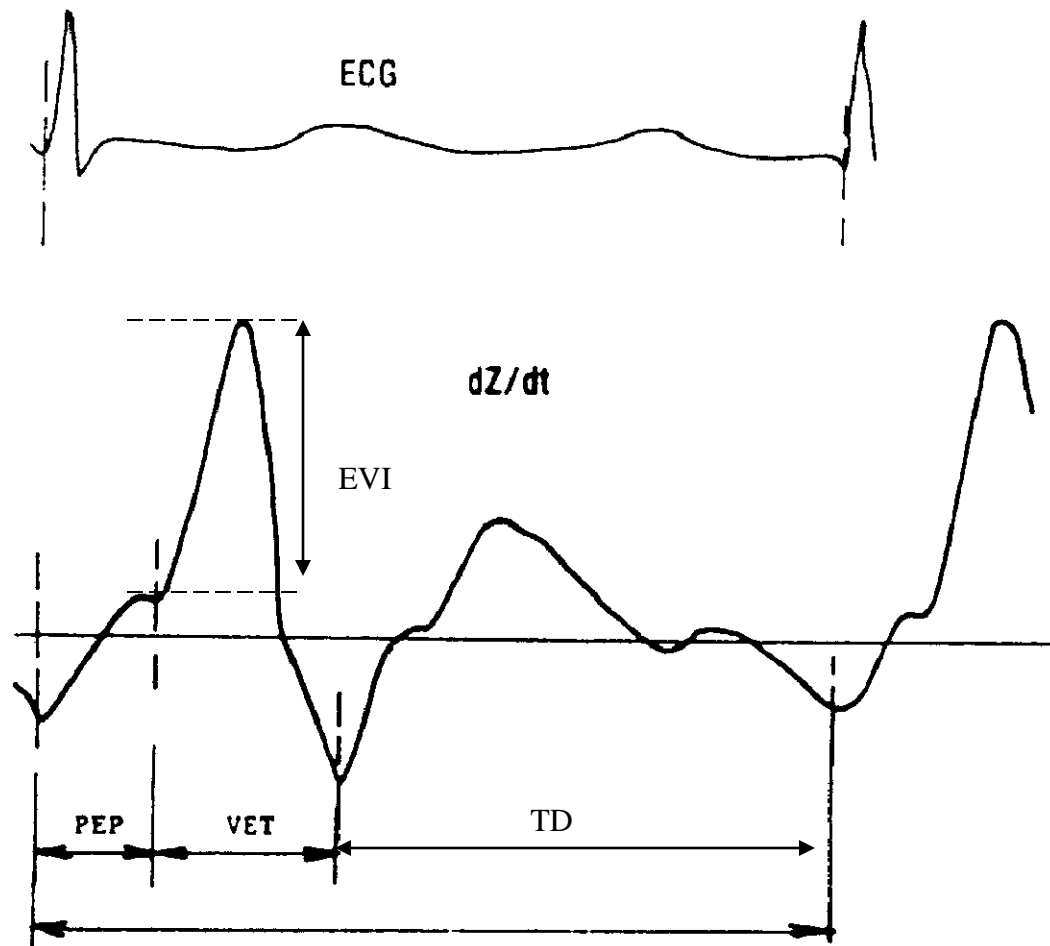
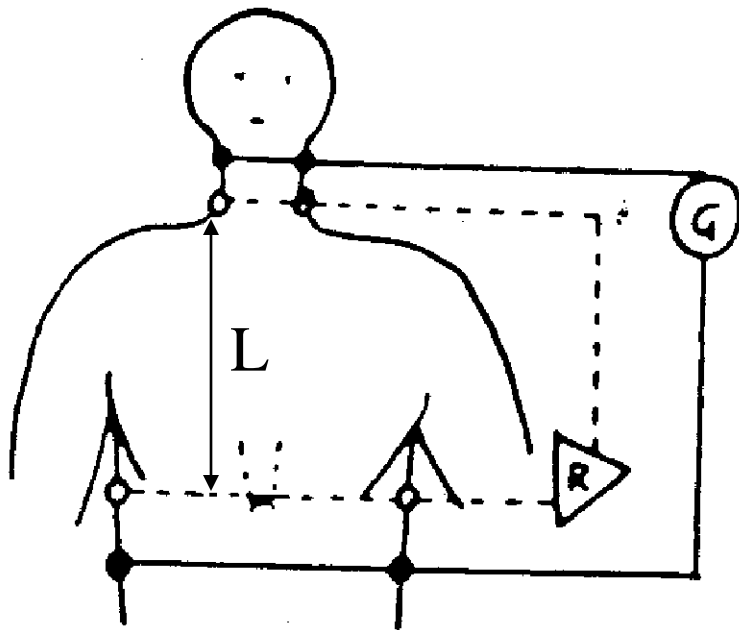
Limiti nell'uso della cardiometria ad impedenza durante esercizio

- Il movimento degli arti e del torace e la respirazione possono determinare la comparsa di artefatti
- In questo caso l'analisi deve essere effettuata da un operatore esperto

Calcolo della Gittata Sistolica tramite l'equazione di Sramek-Bernstein

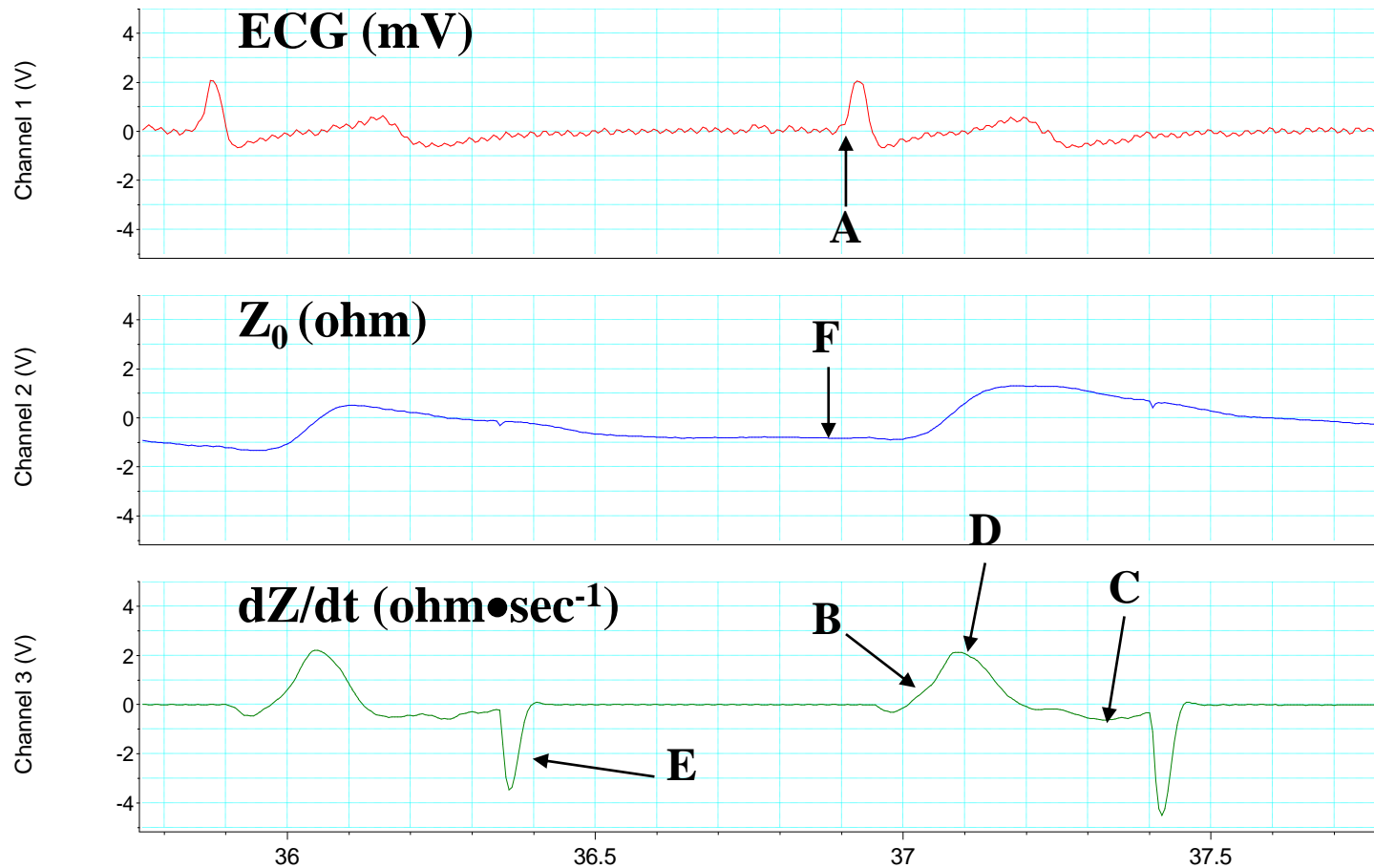
$$SV = \frac{L^3 \cdot (VET \cdot EVI)}{Z_0 \cdot 4,25}$$

$$Z_0 \cdot 4,25$$

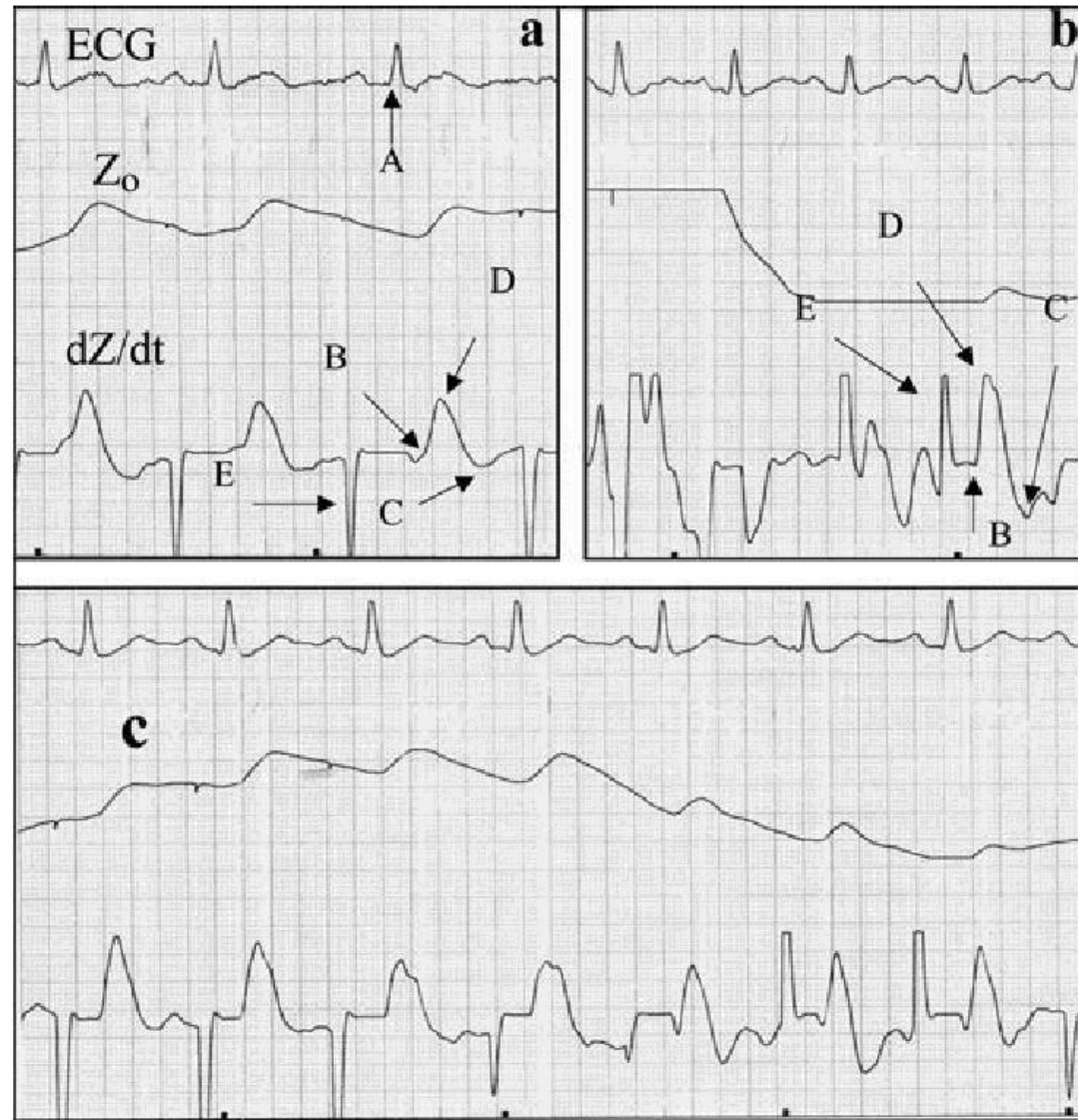


Esempio di tracciato impedenziometrico a riposo

Chart Window

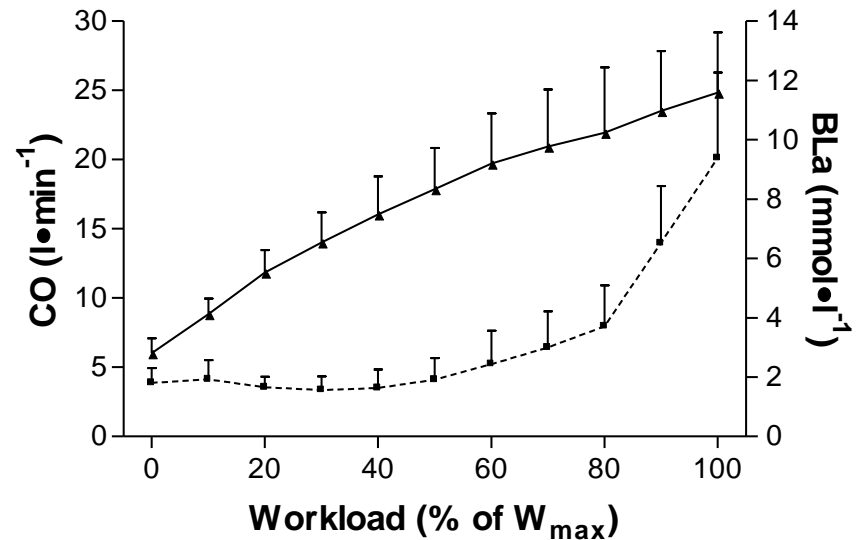
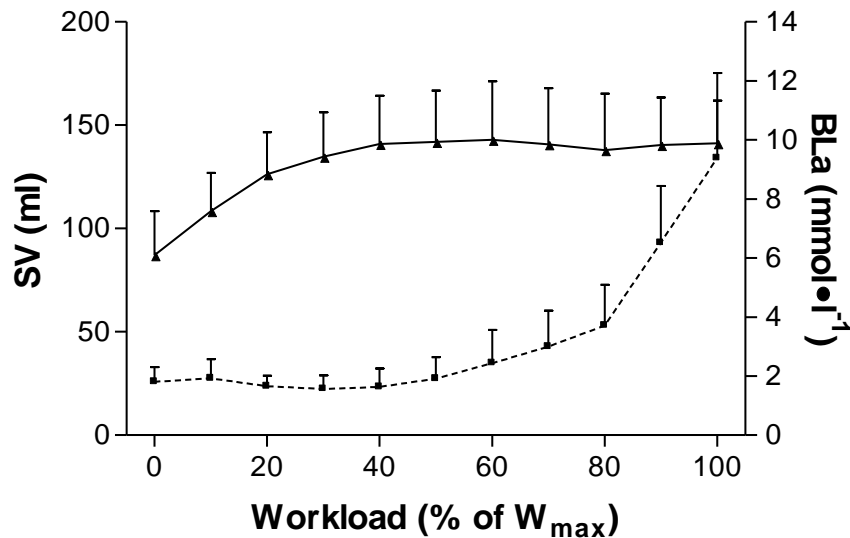


Esempio di artefatti generati dal movimento



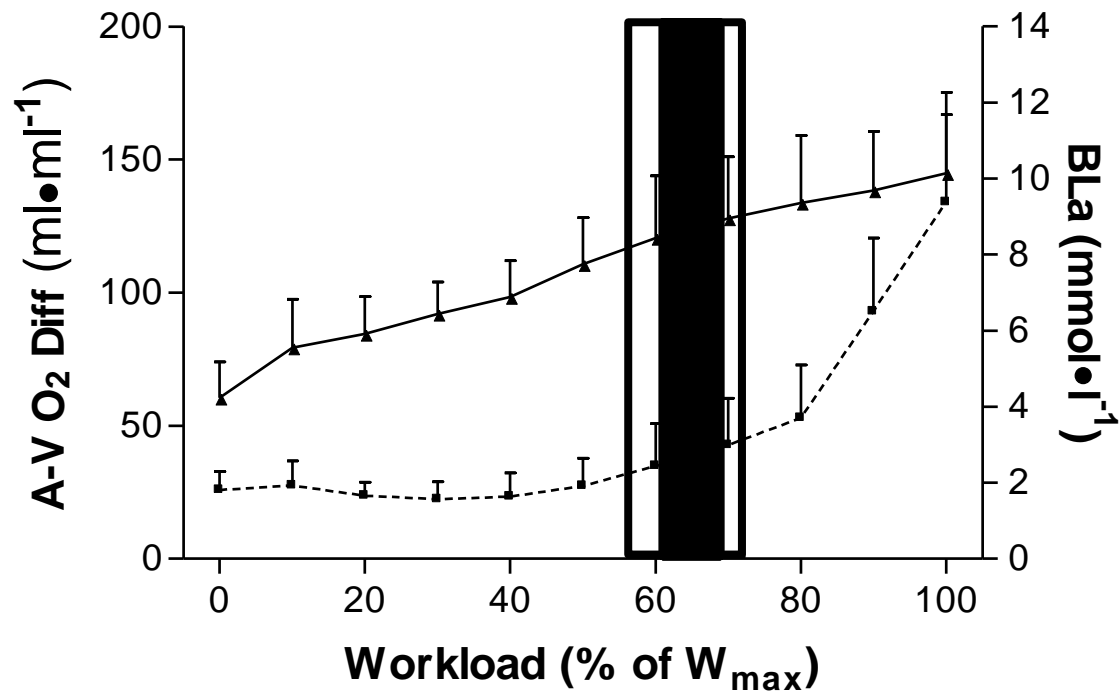
(da: Crisafulli et al. Hemodynamics during active and passive recovery from a single bout of supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89: 209-216, 2003).

Con opportuni accorgimenti la cardiometria ad impedenza permette di misurare le gettate sistolica e cardiaca durante sforzo



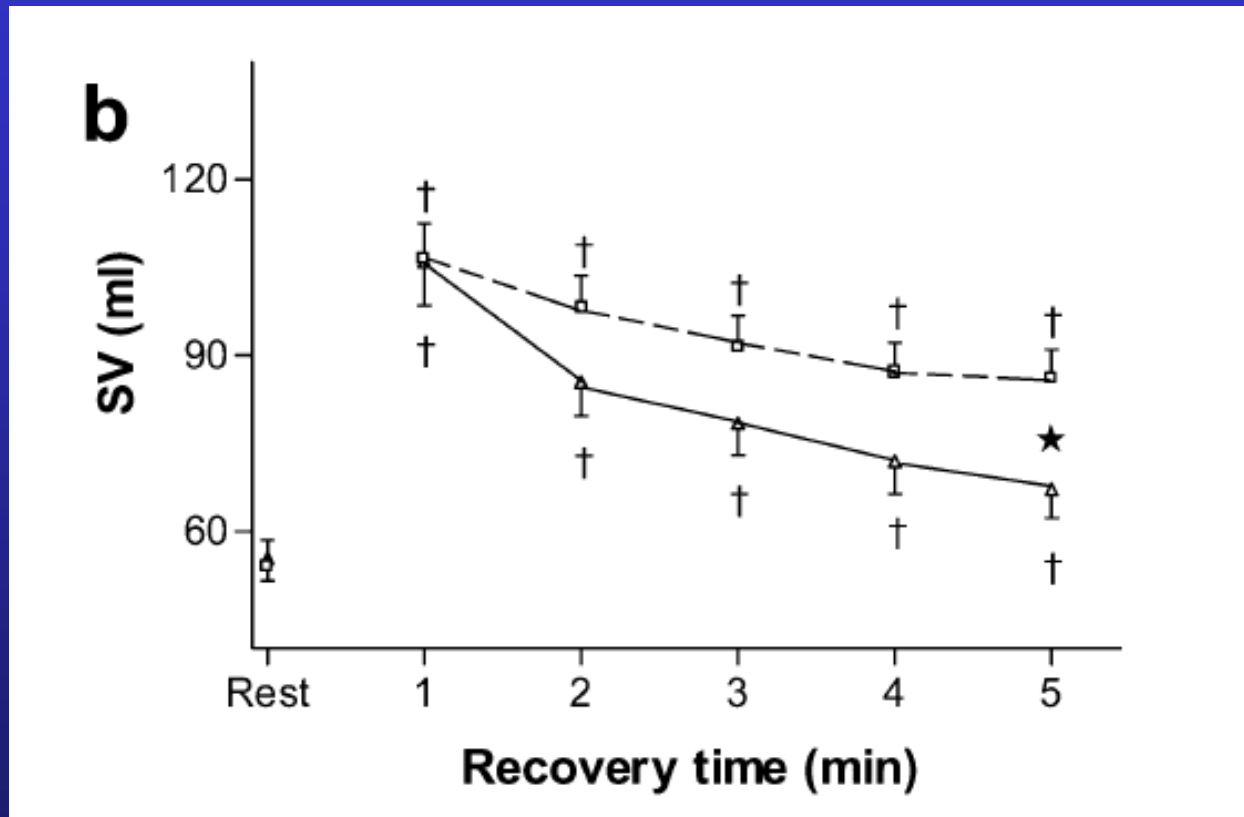
Da Crisafulli et al. Detection of lactate threshold by including haemodynamic and oxygen extraction data.
Physiol. Meas. 27: 85-97, 2006

Un ulteriore parametro misurabile è l'estrazione di Ossigeno (VO_2/CO)



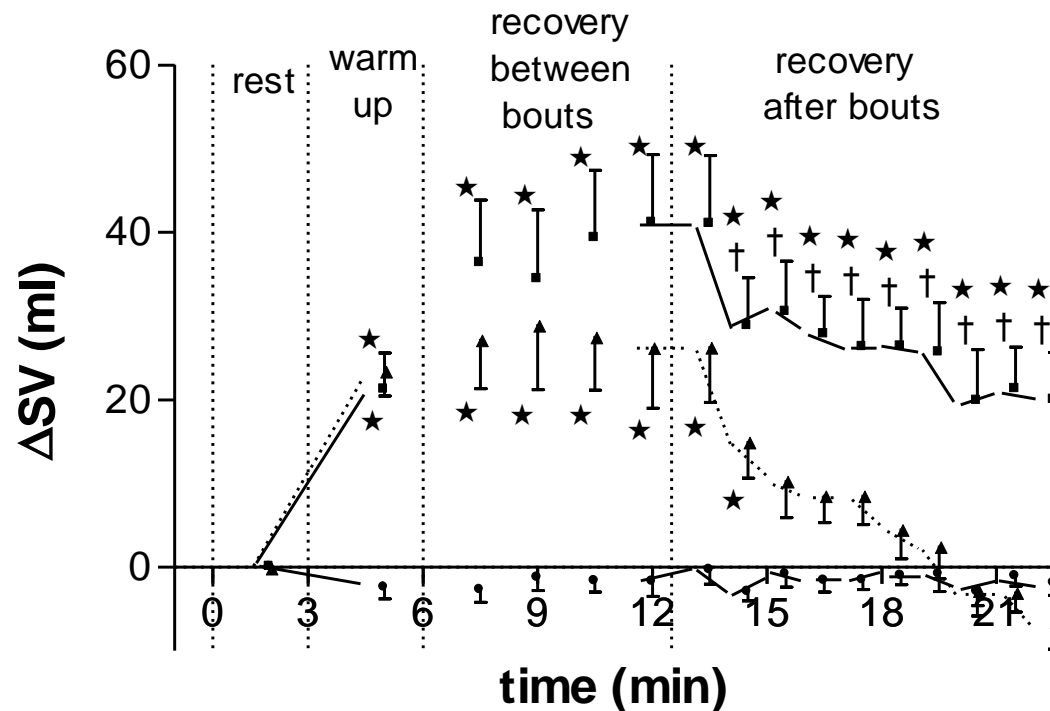
Da Crisafulli et al. Detection of lactate threshold by including haemodynamic and oxygen extraction data.
Physiol. Meas. 27: 85-97, 2006

Influenza delle modalità di recupero sulla gettata sistolica dopo sforzo sovramassimale



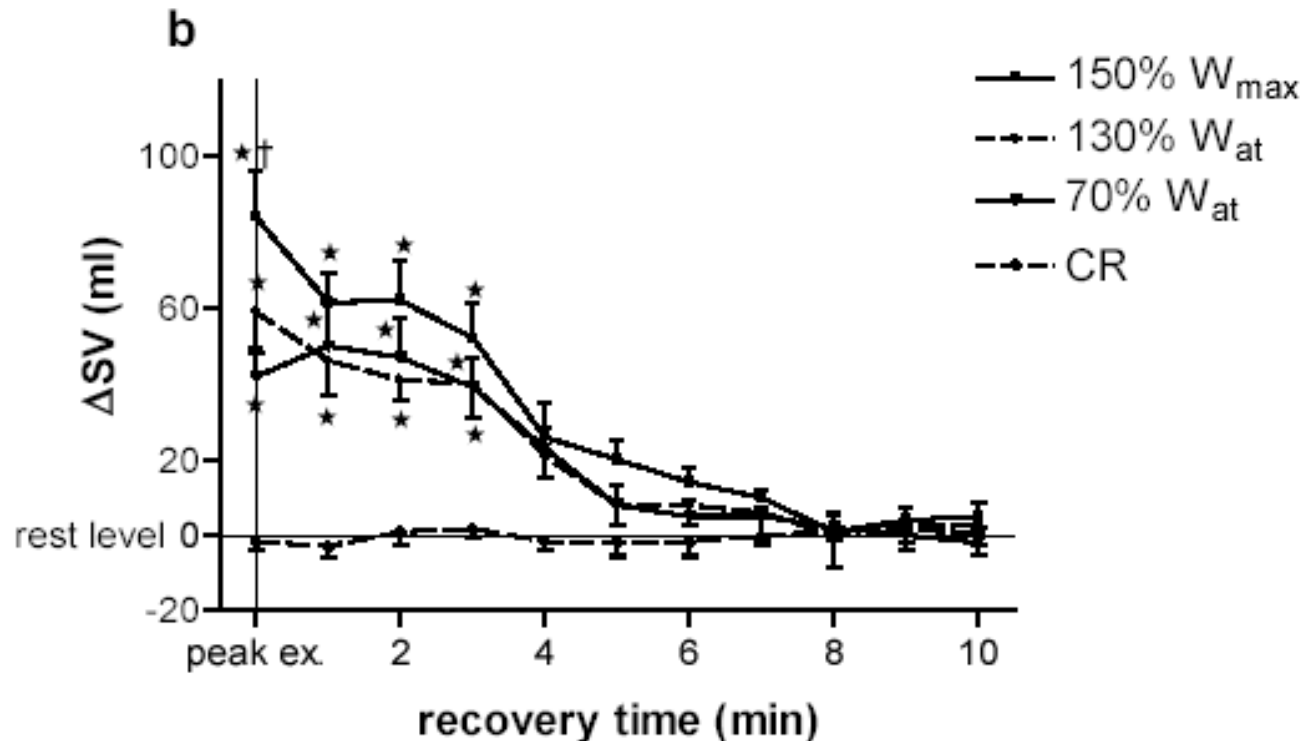
Da Crisafulli et al. Hemodynamics during active and passive recovery from a single bout of supramaximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89: 209-216, 2003

Influenza delle modalità di recupero sulla gettata sistolica dopo sforzi sovramassimali ripetuti



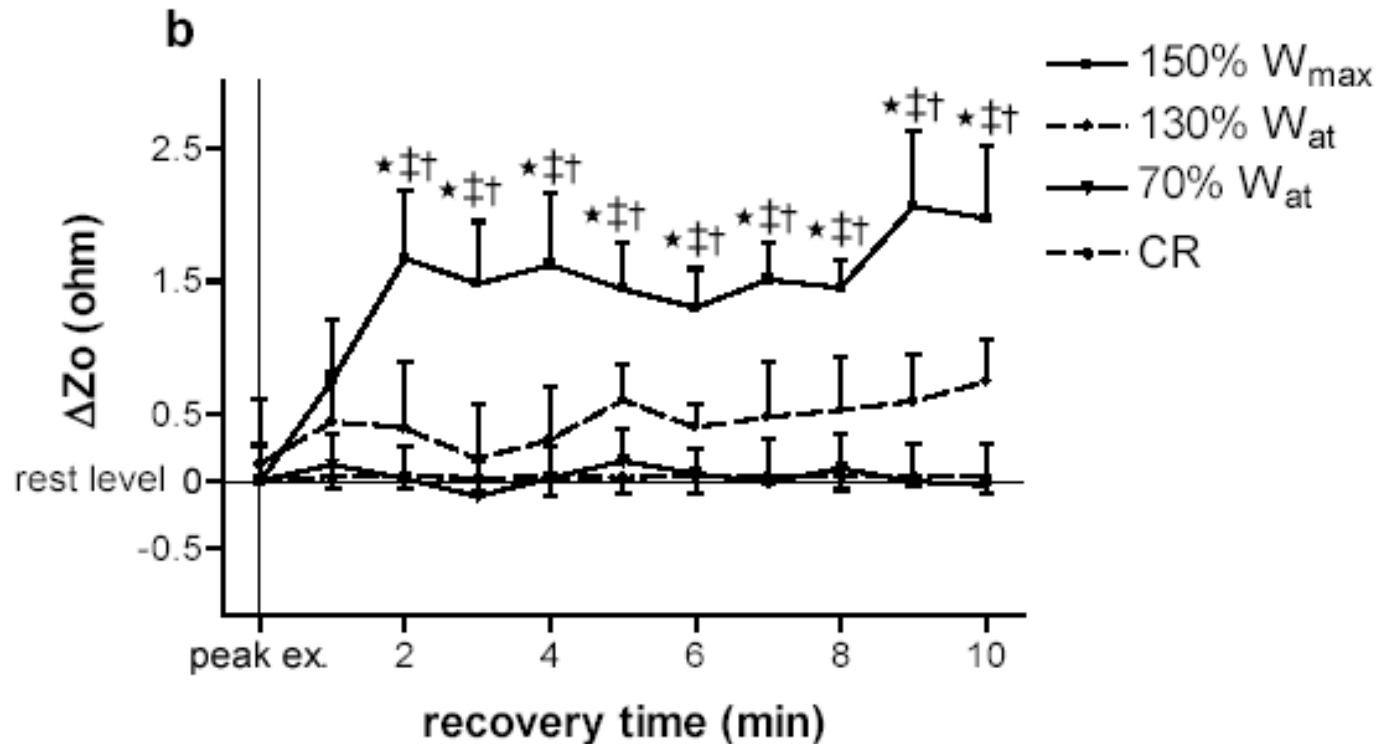
Da Crisafulli et al. Hemodynamic responses following intermittent supramaximal exercise in athletes. *Exp Physiol* 89: 665-674, 2004.

Comportamento della gettata sistolica dopo sforzi di diversa intensità



Da Crisafulli et al. Effect of differences in post-exercise lactate accumulation in athletes' hemodynamics. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 31: 423-431, 2006.

Comportamento dello Z_0 dopo sforzi di diversa intensità



Da Crisafulli et al. Effect of differences in post-exercise lactate accumulation in athletes' hemodynamics. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 31: 423-431, 2006.

II applicazione

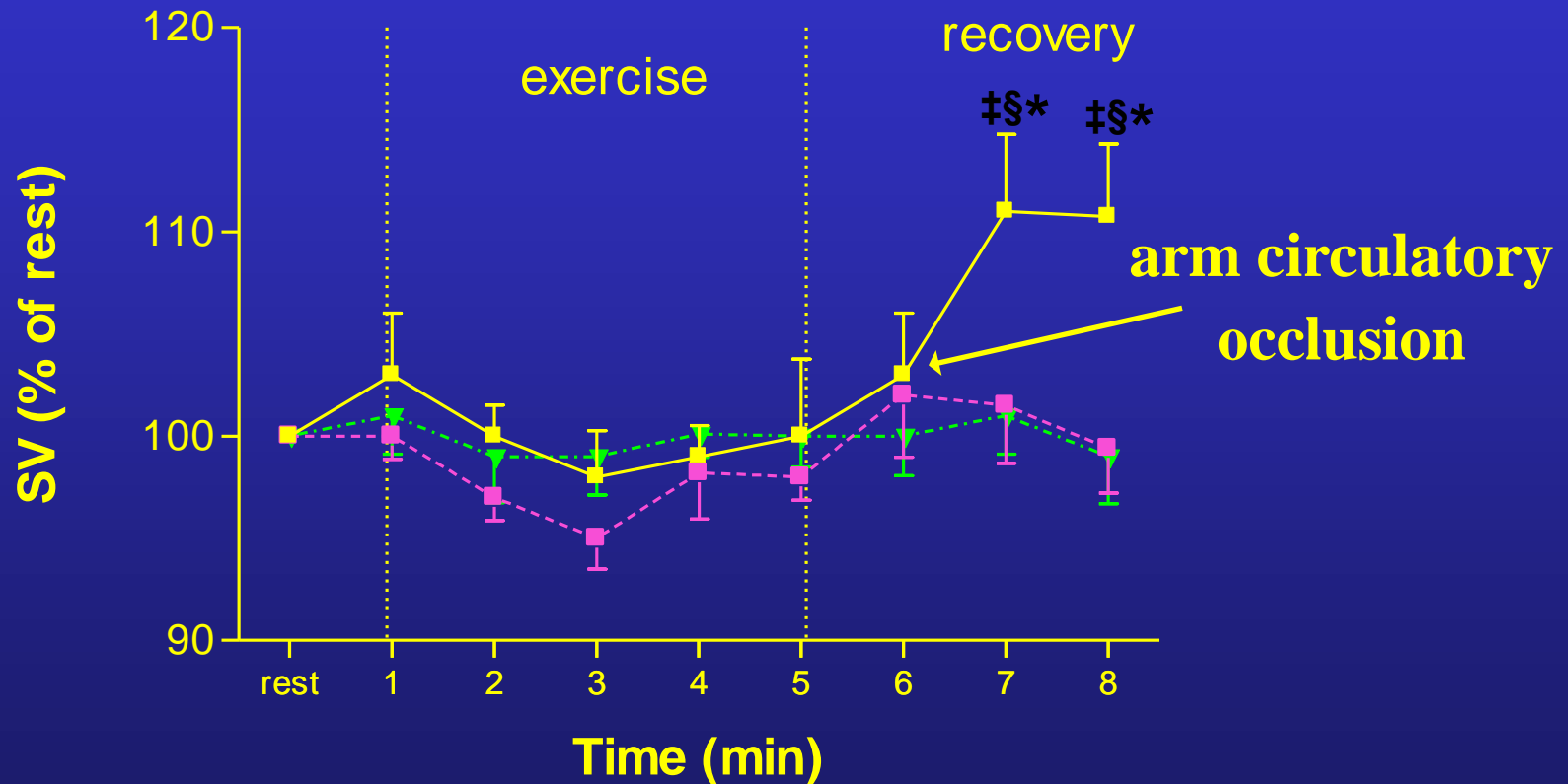
Studio dei riflessi cardiocircolatori
di origine muscolare: i
metaboriflessi, aspetti fisiologici e
fisiopatologici

Metaboriflessi

Risposta cardiocircolatoria determinata dall'attivazione dei metaborecettori muscolari (fibre nervose lente del III e IV gruppo) ad opera dei prodotti finali del metabolismo muscolare (ad es. idrogenioni, acido lattico, adenosina etc.).

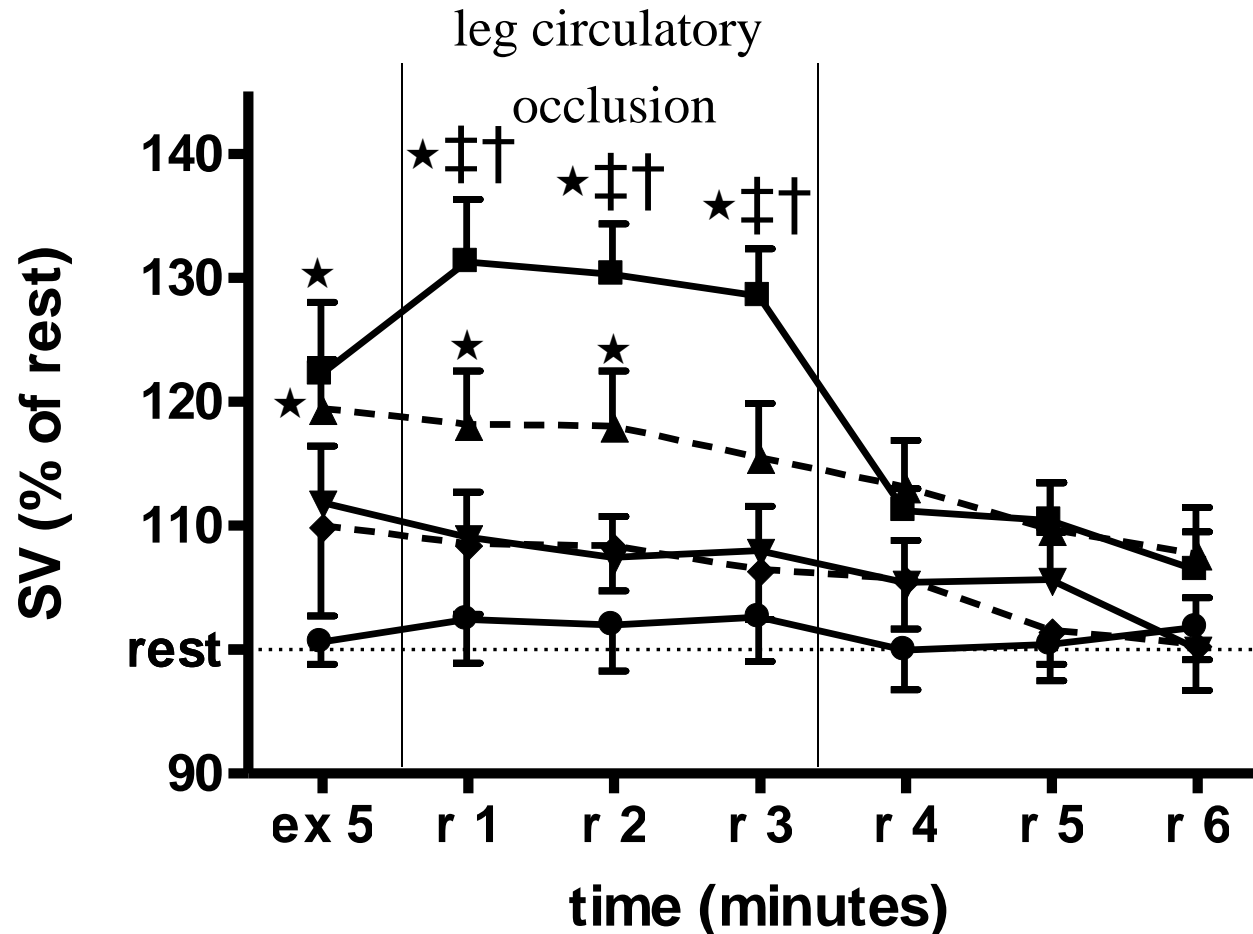
La risposta si attua mediante una modulazione della frequenza cardiaca, della contrattilità miocardica, del precarico ventricolare, delle resistenze vascolari sistemiche

Risposta della gettata sistolica durante stimolazione dei metaboriflessi

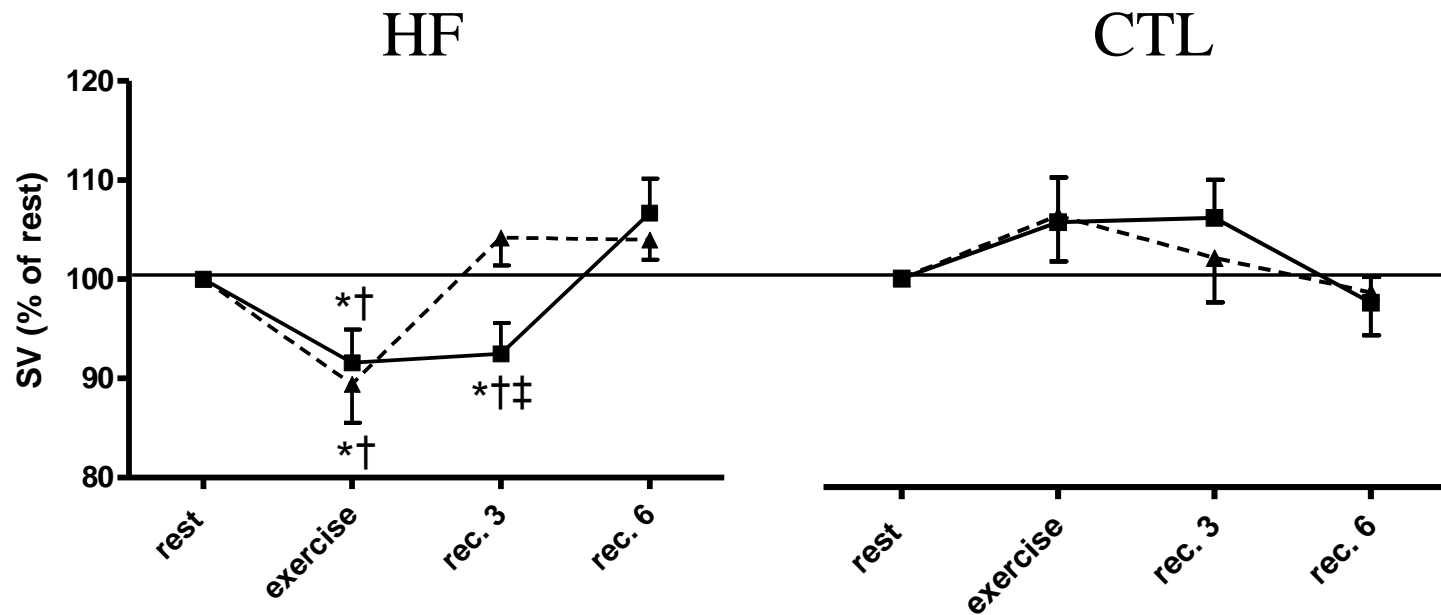


Da: Crisafulli et al. Muscle metaboreflex-induced increases in stroke volume. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2003, 35: 221-228

Gettata sistolica durante attivazione dei metaboriflessi nel post-esercizio dopo carichi lavorativi di differente intensità

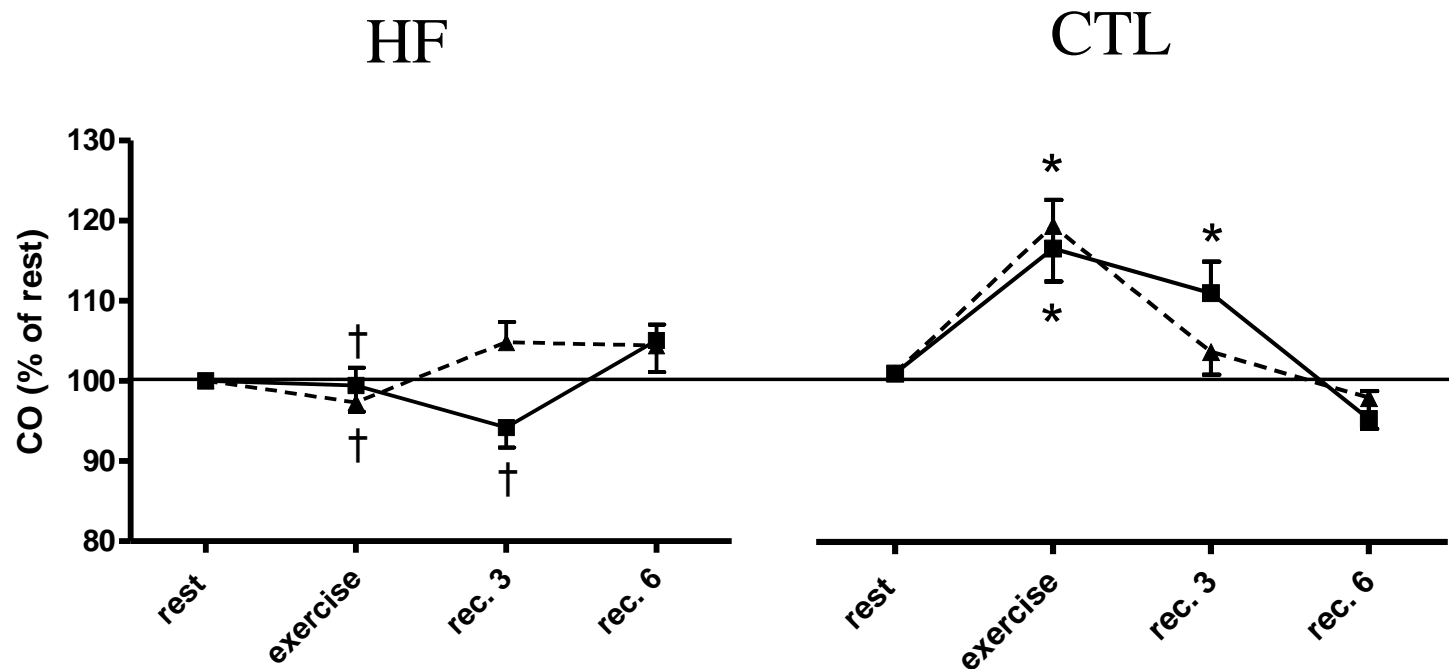


Effetti dell'attivazione dei metaboriflessi sulla Gittata Sistolica in soggetti con insufficienza cardiaca



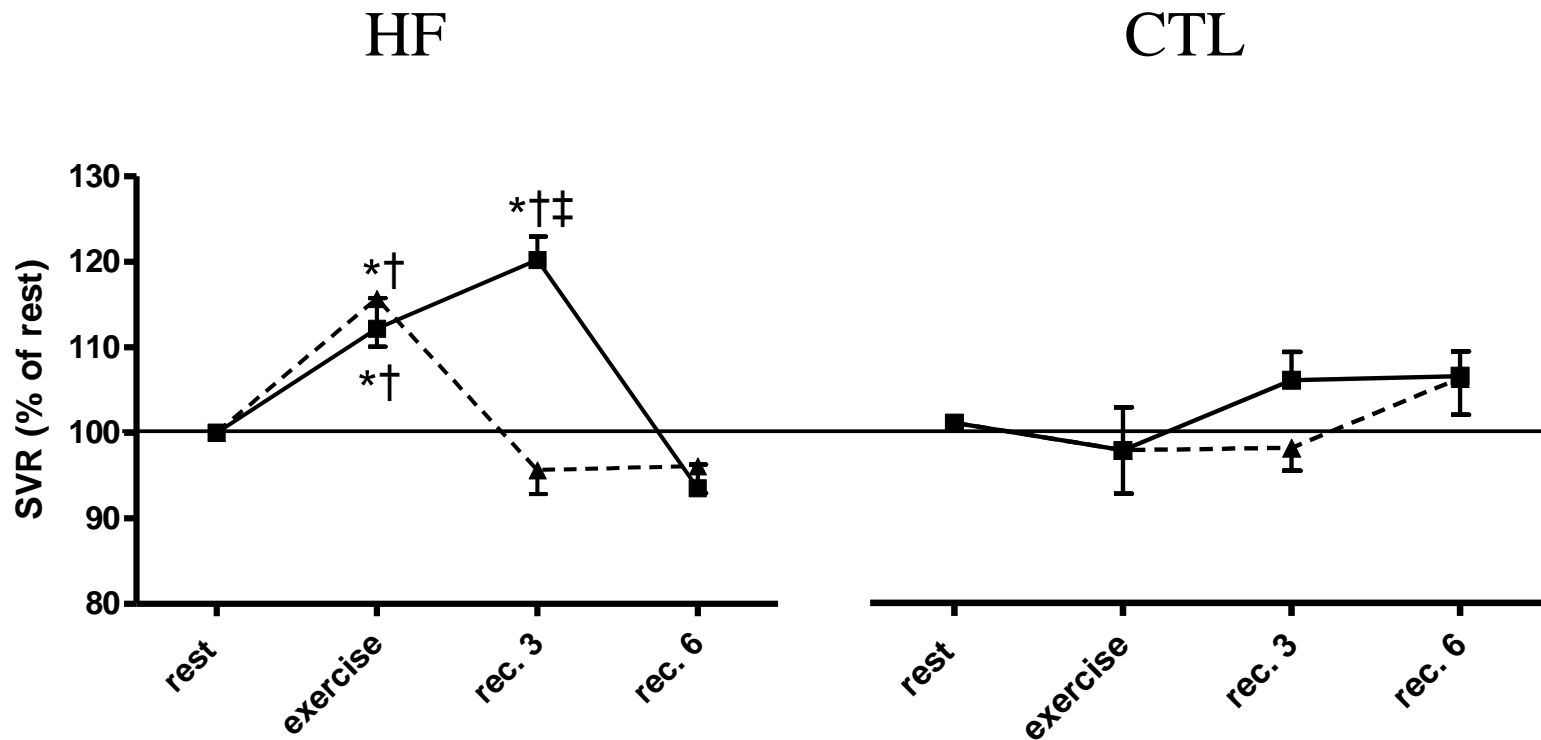
Da Crisafulli et al. Impaired central hemodynamic response during muscle metaboreflex activation in heart failure patient. *Am. J. Physiol. (Heart Circ. Physiol.)* 292: 2988-2996, 2007

Effetti dell'attivazione dei metaboriflessi sulla Gittata Cardiaca in soggetti con insufficienza cardiaca



Da Crisafulli et al. Impaired central hemodynamic response during muscle metaboreflex activation in heart failure patient. *Am. J. Physiol. (Heart Circ. Physiol.)* 292: 2988-2996, 2007

Effetti dell'attivazione dei metaboriflessi sulle resistenze vascolari periferiche in soggetti con insufficienza cardiaca



Da Crisafulli et al. Impaired central hemodynamic response during muscle metaboreflex activation in heart failure patient. *Am. J. Physiol. (Heart Circ. Physiol.)* 292: 2988-2996, 2007

Conclusioni

- Nel soggetto affetto da insufficienza cardiaca vi è una impossibilità ad incrementare la performance cardiaca con conseguente incapacità ad aumentare la gittata sistolica in risposta ai metaboriflessi durante esercizio
- Come tentativo di compenso si instaura un aumento delle resistenze vascolari periferiche e vasocostrizione con conseguente ipoperfusione muscolare che ulteriormente peggiora il quadro emodinamico

III applicazione

Studio sugli effetti emodinamici del
precondizionamento ischemico e
farmacologico su soggetti anginosi e
controlli

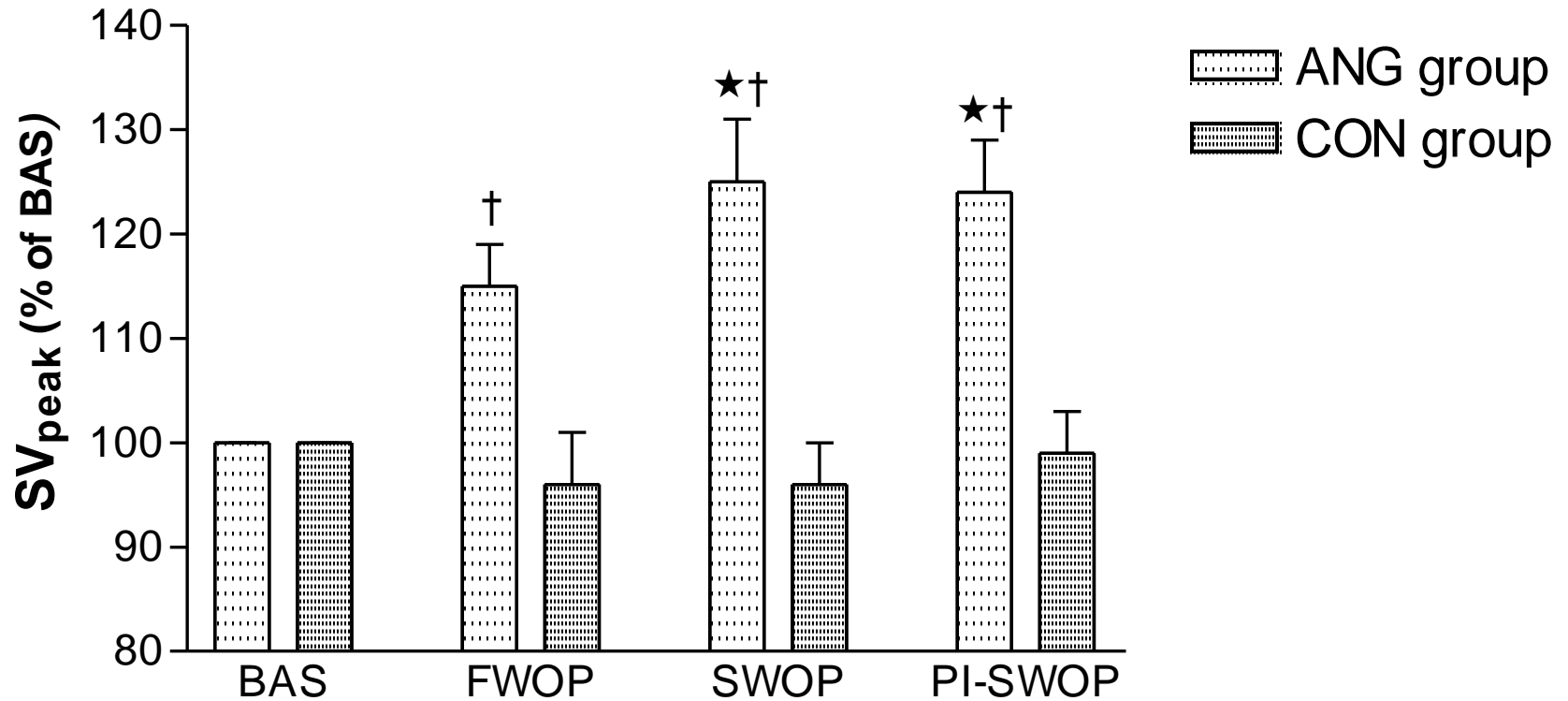
Precondizionamento ischemico

- Il miocardio che ha subito un breve episodio di ischemia sub-letale risponde in modo meno drammatico ad una successiva ischemia in grado di provocare l'infarto
- Tale fenomeno è accompagnato anche da una riduzione dello stunning post-ischemico
- Alcuni farmaci (per es. nitroglicerina) sono in grado di indurre tale protezione direttamente, cioè senza bisogno dell'ischemia subletale

Scopo dello studio

- Il preconditionamento ischemico migliora la performance cardiaca durante sforzo nei soggetti anginosi? Se sì, su quali parametri agisce: migliora la contrattilità? Incrementa la gittata sistolica?
- Il preconditionamento farmacologico induce miglioramenti emodinamici simili al PI?

Gettata sistolica massima



Da Crisafulli et al. Exercise-induced and nitroglycerin-induced myocardial preconditioning improves hemodynamics in patients with angina. *Am. J. Physiol. (Heart Circ. Physiol.)* 287: 235-242, 2004

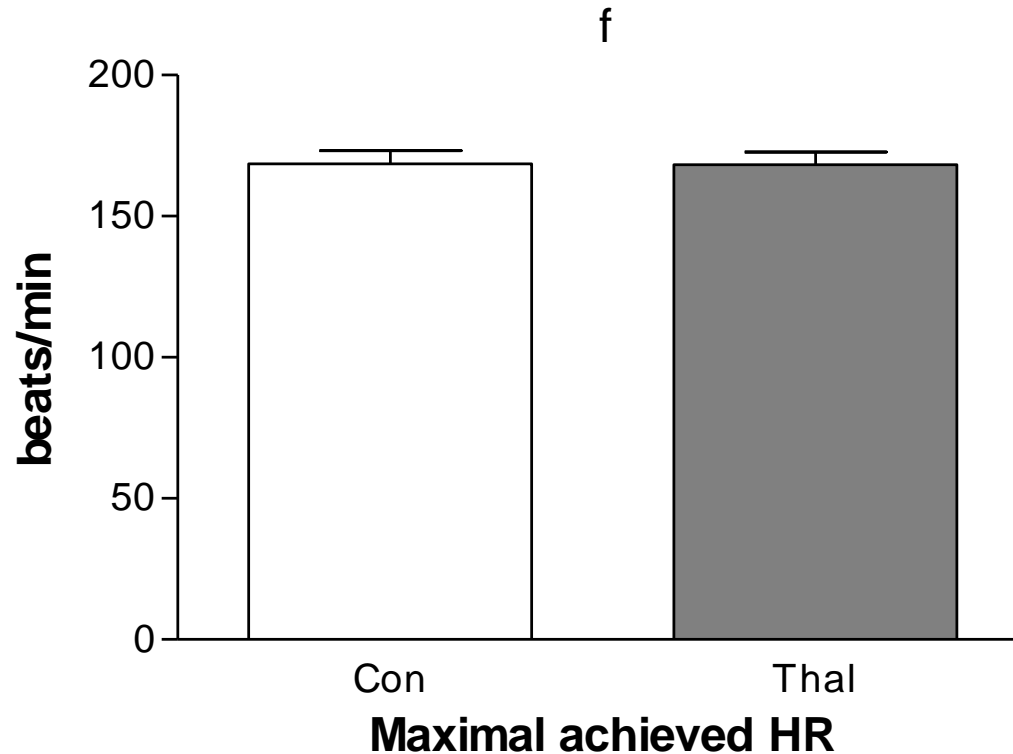
Conclusioni

- Il Precondizionamento Ischemico si è dimostrato in grado di migliorare la performance cardiocircolatoria dei soggetti anginosi oltre che la loro capacità di compiere un esercizio senza sintomi e segni di ischemia.
- I nitrati possono mimare gli effetti del precondizionamento ischemico sulla performance cardiocircolatoria dei soggetti anginosi

IV applicazione

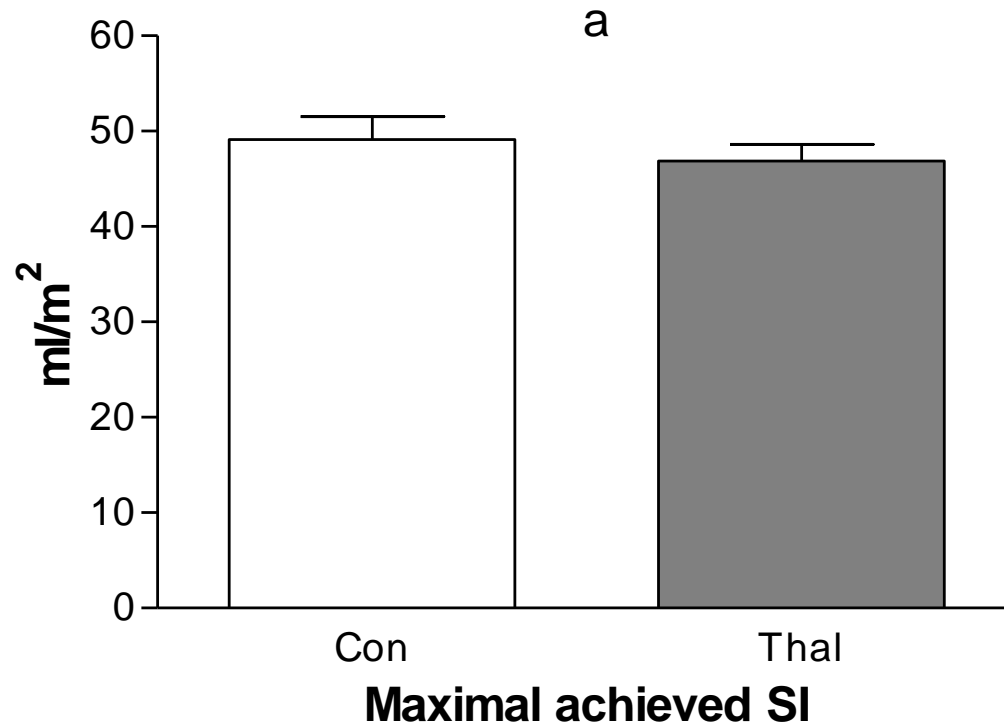
Studio sugli adattamenti
emodinamici durante esercizio in
soggetti con Beta Talassemia Major
in comparazione con controlli sani

Valori di Frequenza cardiaca massima raggiunti nei due gruppi in studio



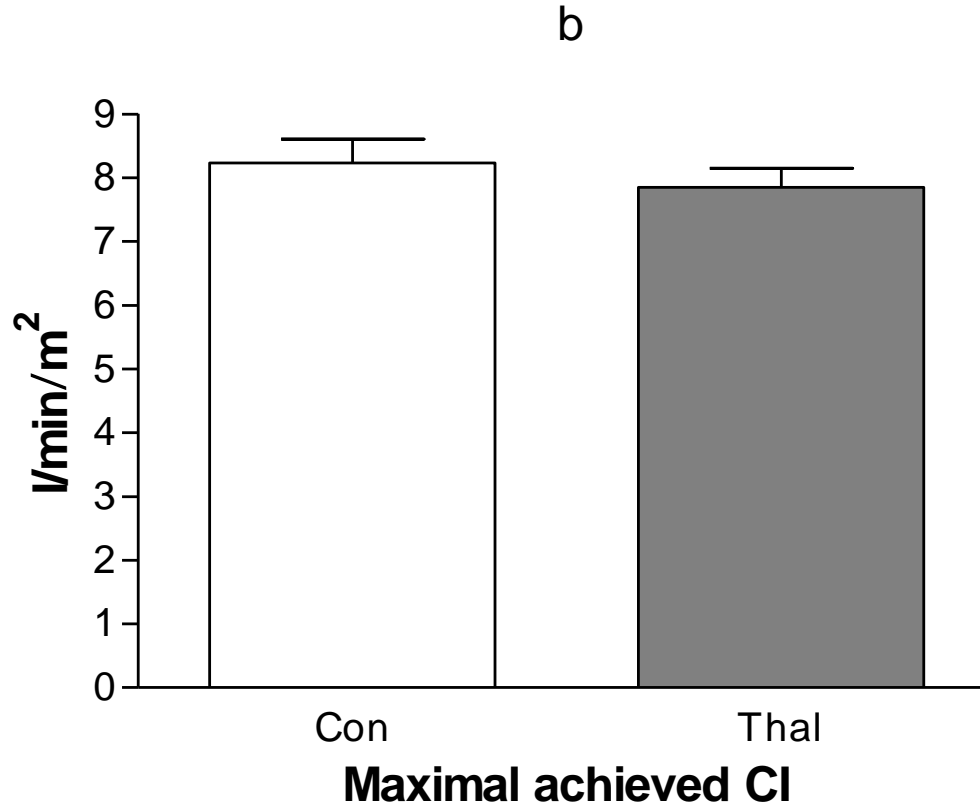
Da Tocco F. et al. Exercise Capacity and Cardiovascular Changes in Patients with β -Thalassemia Major.
Clin. Physiol. Funct. Imaging 26: 319-322, 2006

Valori di Gettata Sistolica massima raggiunti nei due gruppi in studio



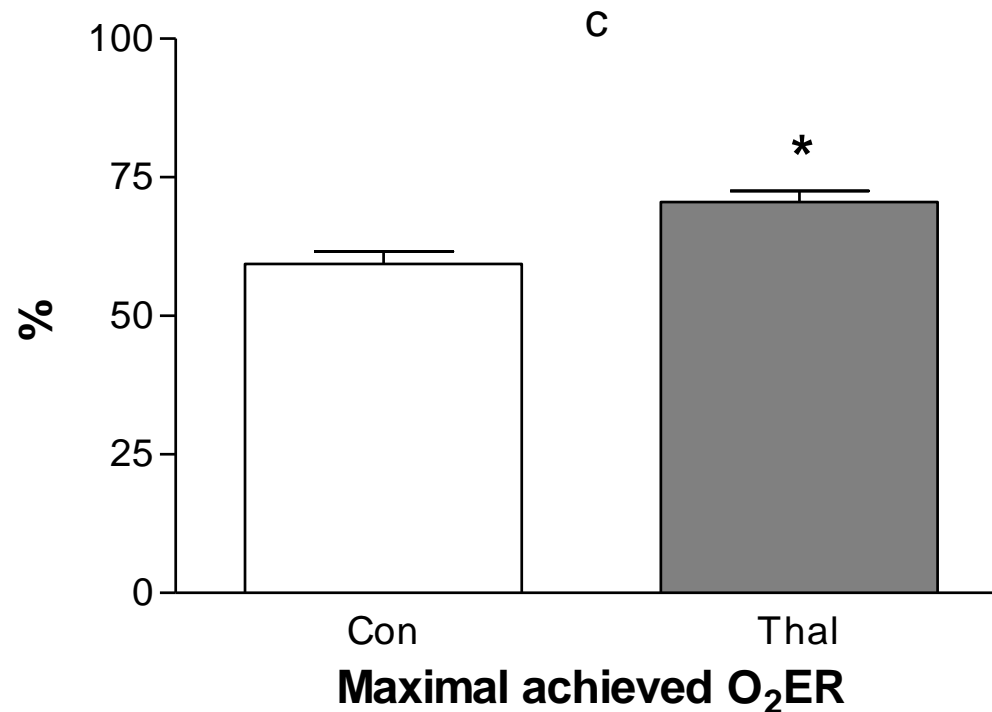
Da Tocco F. et al. Exercise Capacity and Cardiovascular Changes in Patients with β -Thalassemia Major.
Clin. Physiol. Funct. Imaging 26: 319-322, 2006

Valori di Gittata Cardiaca massima raggiunti nei due gruppi in studio



Da Tocco F. et al. Exercise Capacity and Cardiovascular Changes in Patients with β -Thalassemia Major.
Clin. Physiol. Funct. Imaging 26: 319-322, 2006

Valori di Estrazione di Ossigeno massimo raggiunti nei due gruppi in studio



Da Tocco F. et al. Exercise Capacity and Cardiovascular Changes in Patients with β -Thalassemia Major.
Clin. Physiol. Funct. Imaging 26: 319-322, 2006

V applicazione

Case reports in due situazioni
particolari:

la sincope nel post-esercizio
il blocco atrio-ventricolare di III
grado durante sforzo

Caso clinico n°1

la sincope nel post-esercizio

- Età: 18
- sesso: maschile
- sport: hockey su prato
- anamnesi ed esame obiettivo negativi per patologie cardiocircolatorie
- idoneo all'attività sportiva agonistica nelle precedenti visite
- ECG basale e durante lo sforzo (cicloergometro protocollo 20W/min) normali
- valori massimi raggiunti: HR 169 bpm, PA 210/85mmHg, PC 29,8 L/min, VO_2 max 3.25 L/min, W max 220

**ECG durante
sincope dopo
prova da sforzo**

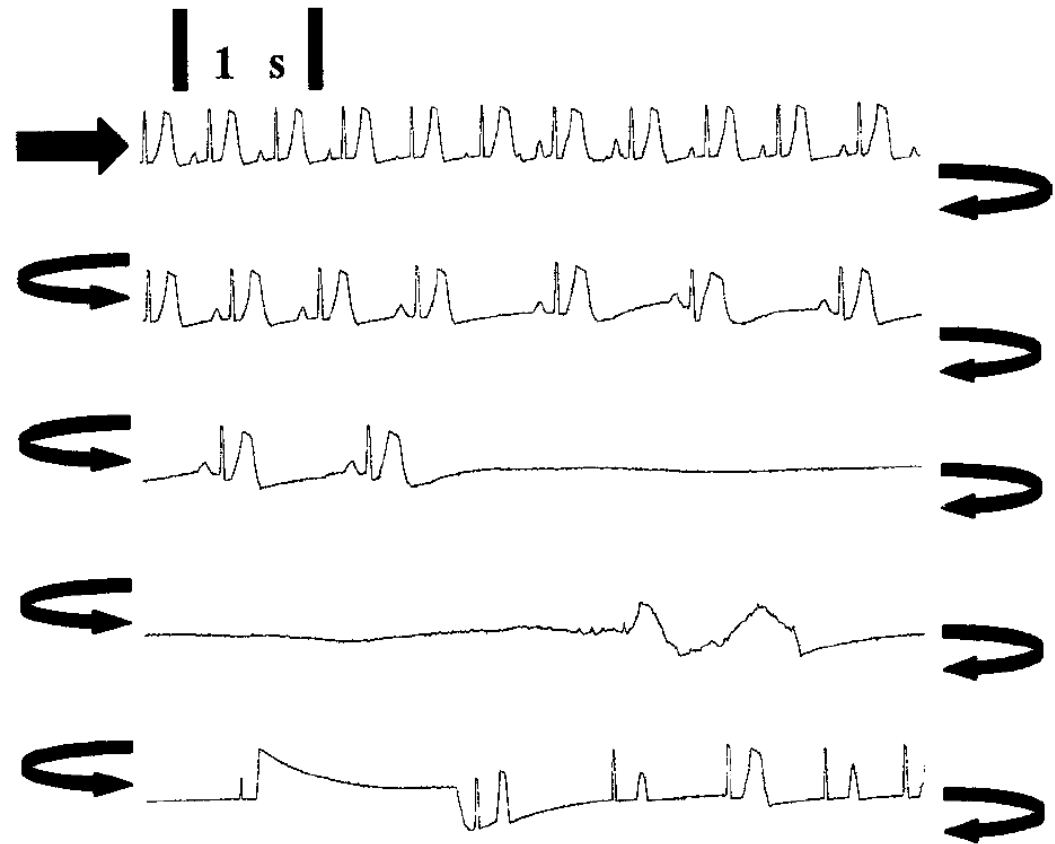
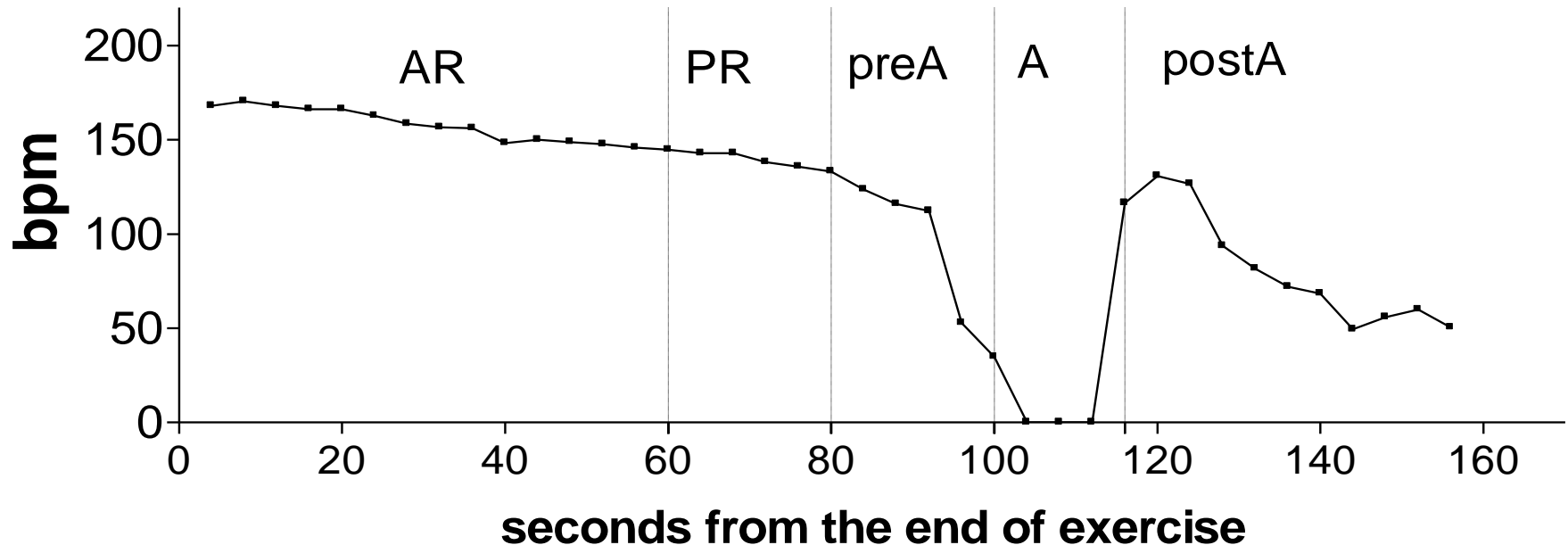


Figure 1—Electrocardiogram trace derived from NCCOM 3 during the recovery period after the exercise test. The strip starts about 80 s after the end of the test. After a period of sinus tachycardia is a period of sinus bradycardia leading to an asystole period of about 12 s followed by an escape rhythm and sinus tachycardia. The paper speed was $25 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$.

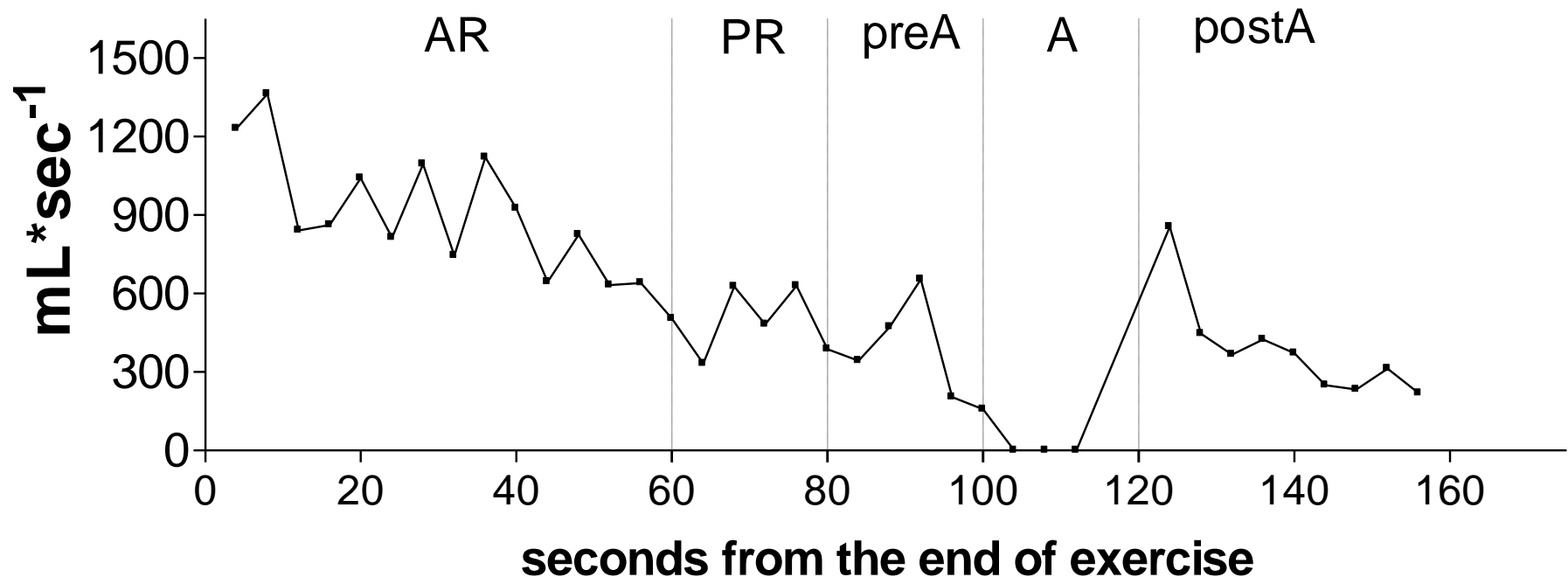
Da Crisafulli et al. Hemodynamics during a postexertional asystolia in a healthy athlete: a case study. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 2000, 32 (1), 4-9.

Andamento della frequenza cardiaca durante la sincope



Da Crisafulli et al. Hemodynamics during a postexertional asystolia in a healthy athlete: a case study. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 2000, 32 (1), 4-9.

Andamento del flusso diastolico durante la sincope



Da Crisafulli et al. Hemodynamics during a postexertional asystolia in a healthy athlete: a case study. *Med. Sci. Sport Exerc.*, 2000, 32 (1), 4-9.

Considerazioni:

una riduzione del flusso diastolico, durante una stimolazione inotropica, può attivare i meccanicocettori ventricolari e scatenare una reazione vagale che determina una riduzione della frequenza cardiaca. Tale fenomeno è finalizzato a mantenere costante il riempimento cardiaco e la gettata cardiaca ed ad evitare danni miocardici dovuti ad una eccessiva contrattilità di parete.

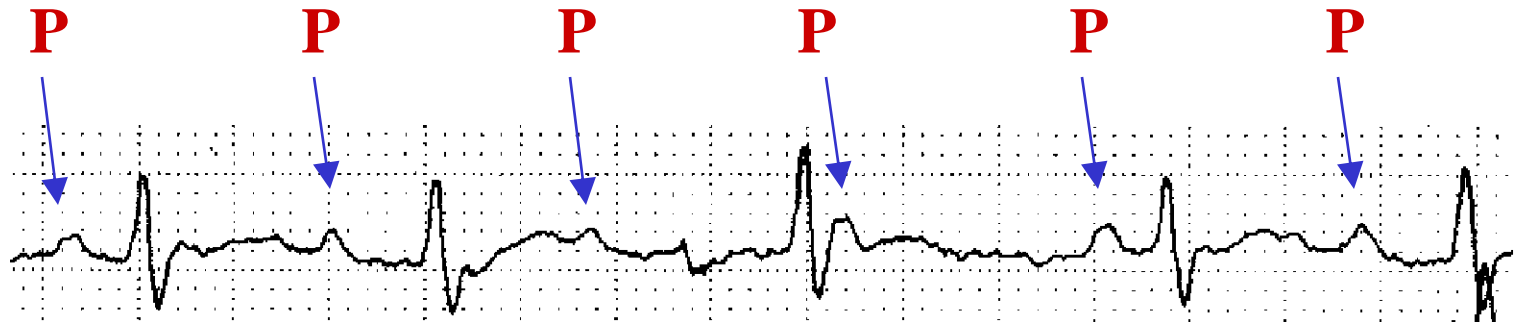
Crisafulli A., Melis F., Orrù V., Lener R., Lai C., Concu A.

Caso clinico n°2

blocco atrio-ventricolare completo durante sforzo

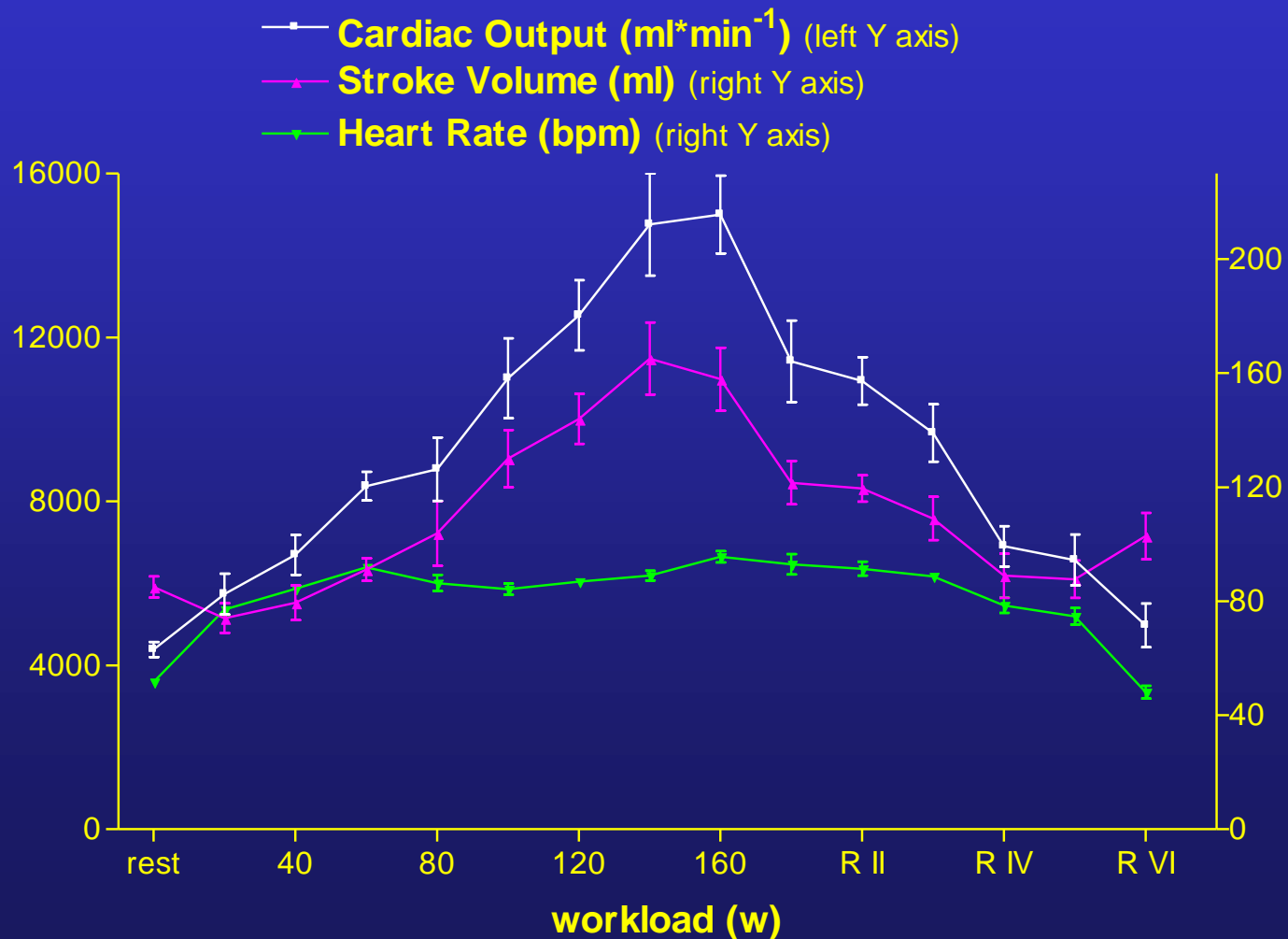
- Età: 19
- sesso: maschile
- sport: calcio
- anamnesi familiare negativa per patologie cardiocircolatorie
- anamnesi personale: negativa per problemi cardiocircolatori;
esame obiettivo: soffio protomesosistolico 2/6 sulla base
- ECG basale: bradicardia sinusale (53 bpm), ritardo di attivazione ventricolare dx
- protocollo prova da sforzo (cicloergometro): 20 W/min

Derivazione aVF durante 120 W

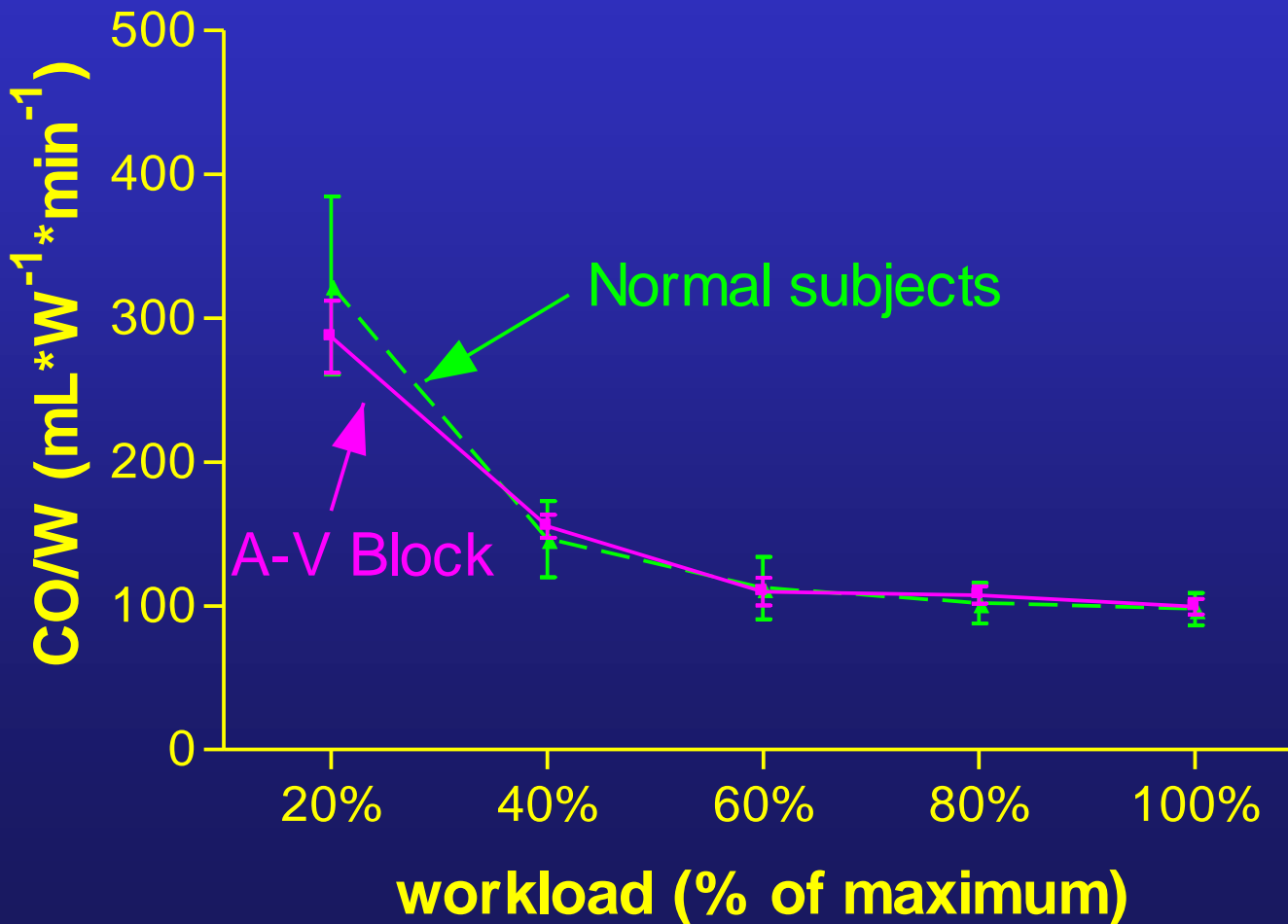


Da Crisafulli et al. Hemodynamics during a complete exercise-induced atrio-ventricular block. *Br. J. Sports Med.*, 36: 69-70, 2002.

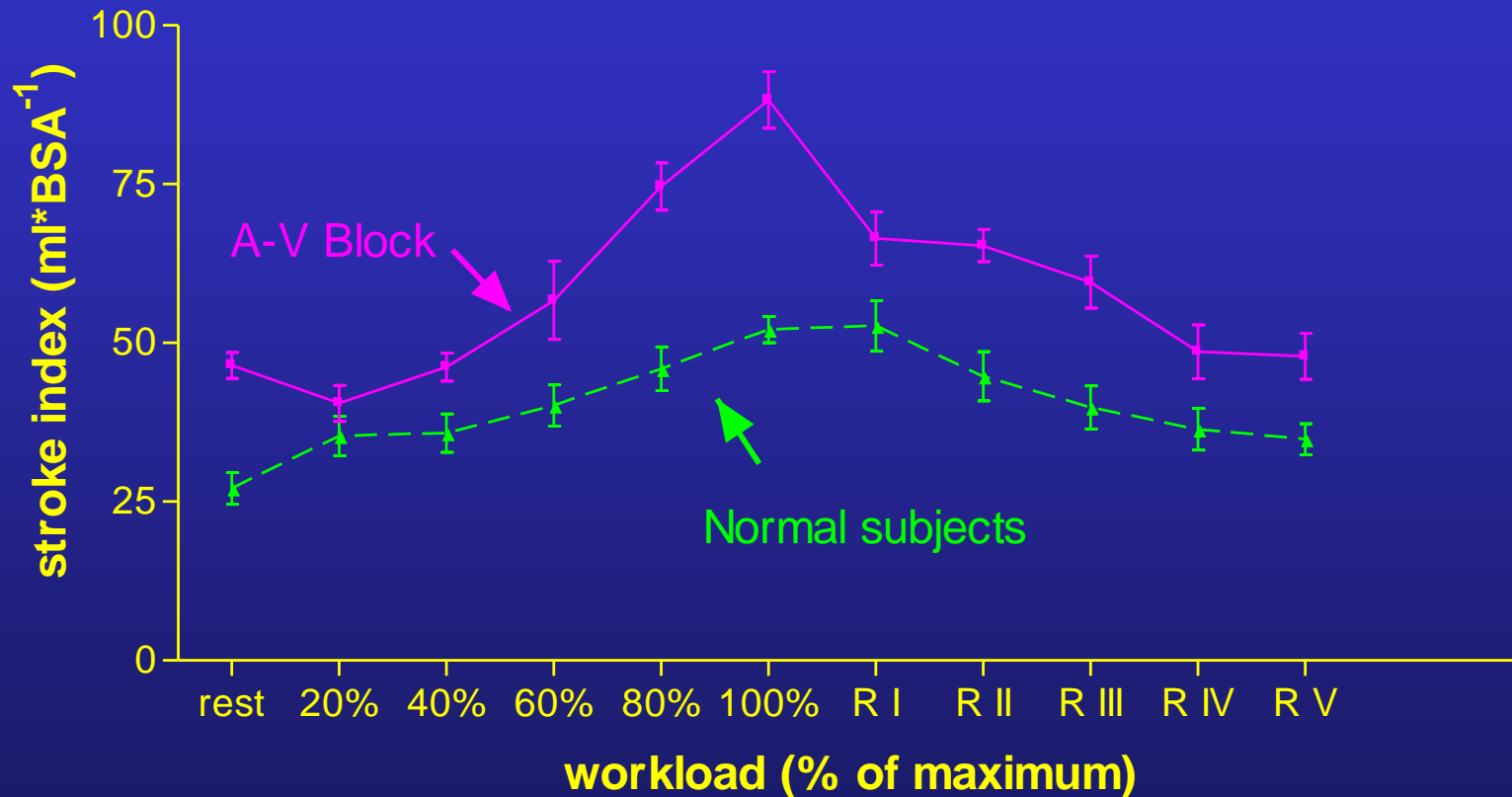
Gettata cardiaca, gettata sistolica e frequenza cardiaca



Andamento del parametro CO/W durante prova da sforzo in 5 soggetti sani ed in un caso di blocco A-V



Andamento dell'indice della gittata sistolica durante prova da sforzo in 5 soggetti sani ed in un caso di blocco A-V



Da Crisafulli et al. Hemodynamics during a complete exercise-induced atrio-ventricular block. *Br. J. Sports Med.*, 36: 69-70, 2002.

Considerazioni:

Il mancato incremento della Frequenza Cardiaca è stato compensato da un incremento della Gettata Sistolica tale da determinare normali valori di Portata Cardiaca durante tutto l'esercizio.

Ciò spiega l'assenza di sintomi imputabili a bassa portata e la normale tolleranza del soggetto allo sforzo (VO_2 max 38 ml/Kg).

Conclusioni

- **L'uso della cardiometria ad impedenza è di utilità nello studio della fisiologia e della fisiopatologia cardiocircolatoria applicata all'esercizio fisico**
- **Ulteriori sviluppi si attendono dalla creazione di software in grado di eliminare gli artefatti generati dai movimenti degli arti e del torace e dalla miniaturizzazione degli apparecchi**